

## PENYETELAN PENERIMA RAKE WCDMA MENGUNAKAN ALGORITMA ADAPTIF LMS

Eko Nugraha<sup>1</sup>, Budi Setiyanto<sup>2</sup>, Samiadji Herdjunto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, FT UGM

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, FT UGM

### Abstrak

*Lintasan-jamak menjadi masalah besar dalam komunikasi nirkabel. Pengaruh lintasan-jamak akan membuat frequency selective fading. Salah satu metode penyelesaian masalah ini adalah dengan melakukan penyebaran spektrum frekuensi seperti pada sistem komunikasi WCDMA. Jenis penerima untuk metode penyelesaian tersebut disebut penerima Rake. Penerima Rake berisi beberapa korelator untuk mengembalikan komponen isyarat tertentu dari lintasan-jamak. Skripsi ini bertujuan untuk melakukan penyetelan penerima Rake dengan menggunakan algoritma LMS. Metode yang digunakan pada skripsi dengan melakukan simulasi. Pada pengirim terdapat dua kanal pengiriman, yaitu kanal untuk bit informasi dan kanal bit pilot. Pada penerima Rake juga akan dibagi dua jenis korelator untuk informasi dan pilot. Di setiap korelator terdapat pembobot untuk menyetel daya isyarat yang diterima. Pembobot akan disetel secara adaptif dengan algoritma LMS sehingga memperbaiki keandalan sistem penerima yang dilihat dari BER dan MSE. Hasil keluaran dari pembobotan pada korelator untuk pilot akan memiliki galat dengan pilot asli yang dikirim. Galat ini yang akan menjadi masukan dalam perhitungan dengan algoritma LMS. Pemodelan kanal secara hipotesis dengan jumlah lintasan sebanyak 8 lintasan yang memiliki tunda  $k-1$  chip untuk lintasan ke- $k$  dan jumlah finger sebanyak 4 finger. Dari hasil simulasi, hanya dengan pengiriman 100 data saja diperoleh BER dan MSE 0,2 dan 0,46 dengan menggunakan LMS sedangkan tanpa LMS BER dan MSE mencapai 0,25 dan 0,54.*

**Kata kunci:** lintasan-jamak, WCDMA, penerima Rake, LMS

### 1. Pendahuluan

WCDMA adalah teknologi akses jamak yang memisahkan tiap informasi suara atau data dari pengguna dengan mengalikan informasi tersebut dengan suatu runtun bit sandi. Runtun bit tersebut memiliki pesat 3.84 Mcps (*mega chips/second*) yang menyebabkan informasi dari pita frekuensi sempit disebar pada lebar pita frekuensi yang lebih lebar mendekati 5 MHz. Metode penyebaran yang dipakai WCDMA adalah metode runtun langsung. Pada metode ini, bit-bit informasi yang akan ditransmisikan dikalikan dengan runtun sandi secara langsung untuk kemudian disebar di sepanjang pita frekuensi.

Isyarat dalam bit yang dikirim mengalami proses penyebaran (*spreading*) yang mengubah dari bentuk bit menjadi *chip* dengan menggunakan sandi OVFSF (*Orthogonal Variable Spreading Factor*). Kemudian dilakukan proses pengacakan (*scrambling*) dengan runtun Gold.

Isyarat yang ditransmisikan dari arah pengirim ke penerima dalam sistem akses jamak WCDMA tidak hanya melewati satu lintasan, melainkan beberapa lintasan yang berbeda-beda yang memiliki tanggapan tunda dan atenuasi yang berbeda pula. Saat sampai di penerima, isyarat

yang diterima merupakan gabungan dari isyarat setiap lintasan yang berbeda tunda dan perolehnya. Terkadang fase isyarat antar lintasan saling berlawanan yang bisa melemahkan dan terkadang sama yang bisa menguatkan. Fenomena ini disebut sebagai efek lintasan-jamak (*multipath*).

Untuk mengatasi masalah ini maka digunakan penerima Rake. Prinsip kerja penerima Rake adalah mengambil sebanyak-banyaknya informasi yang benar dari gabungan isyarat hasil lintasan-jamak. Pengambilan informasi dilakukan dengan mengkorelasi isyarat terima dengan runtun sandi yang sama dengan runtun sandi yang dipakai pengirim dengan peragamaan waktu. Korelator dengan peragamaan ini disebut *finger*. Dengan begitu untuk masing-masing *finger* akan memiliki runtun sandi dengan beragam waktu tunda dari runtun sandi pengirim. Selain pengkorelasi, juga dilakukan pembobotan terhadap isyarat untuk masing-masing *finger*.

Proses pembobotan penerima Rake memerlukan pengetahuan tentang kondisi lintasan. Pengiriman informasi pada WCDMA diikuti dengan pengiriman isyarat pandu yang diketahui nilainya baik oleh pengirim dan



penerima, yaitu isyarat pilot. Isyarat pilot ini yang digunakan untuk mengetahui tanggapan lintasan. Penyama adaptif LMS bekerja dengan mengatur pembobotan penerima *Rake* berdasarkan nilai galat isyarat pilot. Dengan nilai pembobotan yang terus diperbarui diharapkan dapat mengikuti tanggapan lintasan sehingga diperoleh pemulihan bit yang terbaik.

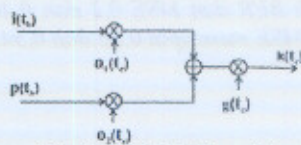
## 2. Metode Penelitian

Tahapan penelitian terdiri atas perancangan, pembuatan perangkat lunak simulasi, pengujian perangkat lunak, pengambilan data, dan analisa data hasil pengujian. Tahapan perancangan meliputi perancangan model pengirim, lintasan, dan penerima *Rake*.

### 2.1 Pengirim

Model pengiriman mengacu pada Gambar 1 [1]. Bit yang dikirim, dengan periode  $t_b$ , ada dua jenis yaitu informasi dan pilot, yang memiliki kanal yang berbeda. Keduanya disebarkan dengan sandi OVFS yang berbeda pula,  $O_1(t_c)$  dan  $O_2(t_c)$ , dengan periode  $t_c$ . Periode  $t_c$  lebih dari  $t_b$  dan perbandingan  $t_c$  terhadap  $t_b$  disebut faktor penyebaran (*Spreading Factor, SF*).

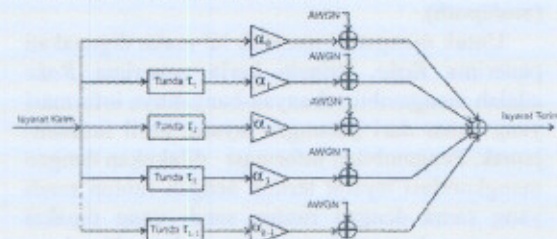
Hasil penyebaran keduanya kemudian dijumlahkan dan diacak dengan runtun Gold  $g(t_c)$ .



Gbr. 1 – Model Pengiriman

### 2.2 Lintasan-jamak

Setiap lintasan pada lintasan-jamak memiliki tanggapan dengan tunda dan atenuasi yang berbeda dengan tambahan AWGN. Model lintasan-jamak seperti pada Gambar 2.



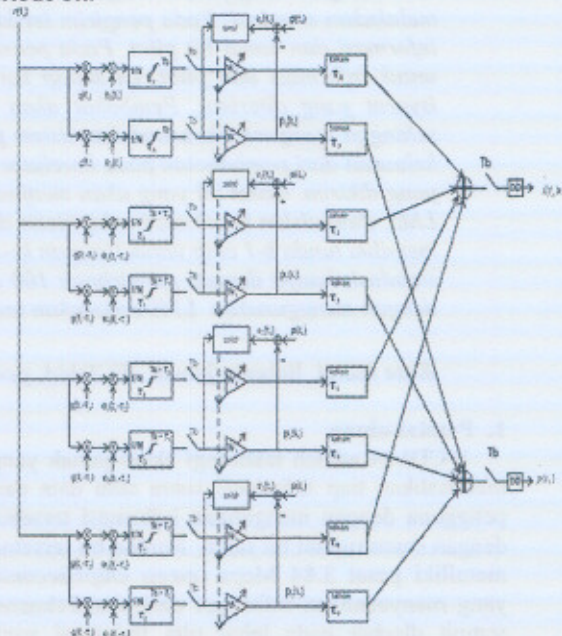
Gbr. 2 – Model Lintasan-jamak

### 2.3 Penerima

Isyarat yang diterima kemudian dimasukkan dalam beberapa *finger* untuk dikorelasi. Di dalam setiap *finger*, isyarat akan dilakukan proses pengawa acak (*descrambling*), pengawa sebar (*despreading*), integral rata-rata, dan penyetelan, sebelum kemudian dijumlahkan satu sama lain. Model penerima *Rake* yang digunakan mengacu pada Gambar 3 [2]. Simulasi yang dikerjakan

memiliki jumlah sebanyak 4 *finger* yang dapat digunakan.

Pada pengawa acak, isyarat terima dikalikan dengan runtun Gold dengan perbedaan peragaman waktu tunda pada setiap *finger*. Runtun Gold memiliki nilai korelasi diri yang sangat kecil. Proses pengawa sebar dilakukan dengan mengalikan isyarat hasil pengawa acak dengan sandi OVFS informasi dan pilot yang juga memiliki ragam waktu. OVFS memiliki sifat saling ortogonal sehingga memiliki korelasi silang sama dengan nol. Proses ini akan membagi isyarat dalam satu *finger* dalam dua kanal, yaitu kanal informasi dan kanal pilot. Kesemuanya kemudian dilakukan proses integral selama periode bit dan dirata-rata dengan cara dibagi sebanyak *chip* dalam satu periode bit. Hasil proses tersebut membuat isyarat kembali dalam periode bit.



Gbr. 3 – Model Penerima Rake

Penyetelan yang dimaksud adalah pengubahan pembobot ( $w$ ) pada *finger* setiap periode bit secara adaptif menggunakan algoritma LMS (*Least Mean Square*). Proses algoritma LMS diperlihatkan sebagai berikut [3].

1. Keluaran:  $y(n) = w^T u(n)$  (3)
2. Estimasi galat:  $e(n) = d(n) - y(n)$  (4)
3. Adaptasi pembobot:  $w(n+1) = w(n) + 2\mu(n)e(n)$  (5)

Pembobotan yang dilakukan hanya pada kanal pilot sedangkan untuk kanal informasi akan mengikuti hasil pembobotan pada kanal pilot *finger* tersebut. Nilai  $y(n)$  adalah hasil integral rata-rata,  $d(n)$  adalah bit yang diinginkan yaitu bit pilot saat itu,  $w(n+1)$  adalah nilai pembobot yang baru, dan  $\mu(n)$  adalah konstanta yang



mempengaruhi pesat adaptasi. Penyetelan dilakukan untuk masing-masing *finger*.

Isyarat hasil pembobotan setiap *finger* selesai disaat yang tidak sama karena hasil peragaman waktu tunda. Untuk itu dilakukan proses penahanan (*hold*). Saat setiap *finger* sudah memiliki hasil pembobotan, kemudian dijumlahkan sesuai jenisnya. Jenis informasi akan dijumlahkan dengan jenis informasi *finger* lain dan begitu juga pada pilot. Hasil penjumlahan kemudian dibuat dalam bentuk biner dengan komparasi. Bila bit keluaran kurang dari atau sama dengan nol, maka akan menjadi bit -1 dan bila lebih dari nol akan menjadi bit 1.

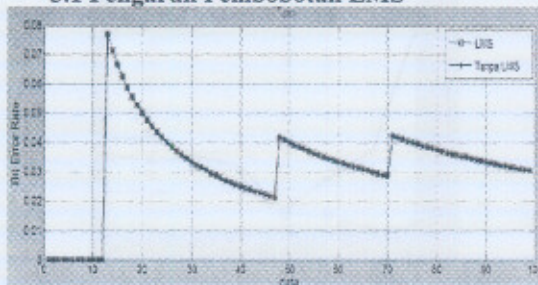
### 3. Hasil dan Pembahasan

Simulasi perangkat lunak penyetelan penerima *Rake WCDMA* menggunakan algoritma adaptif LMS dibuat dengan Matlab 2009a dalam fasilitas editor dan GUI. Unjuk kerja perbandingan sistem dengan LMS dan tanpa LMS dilihat pada hasil BER dan MSE. Parameter awal yang digunakan mengacu pada Tabel 1.

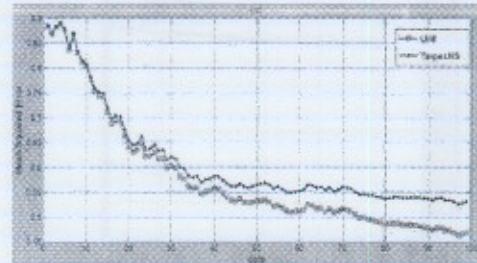
Tabel 1 - Parameter Awal

Parameter	Nilai
jumlah bit	100
SF	16
index info	15
index pilot	2
gold PN	$2^{25}-1$
$\mu$	0.05
SNR	1000 dB
jumlah	8
jumlah <i>finger</i>	4
gain lintasan	[0.8 0.7 0.6 0.5 0.4 0.3 0.2 0.1]
delay lintasan	[0 1 2 3 4 5 6 7]

#### 3.1 Pengaruh Pembobotan LMS

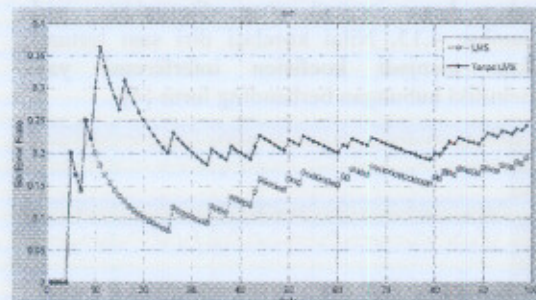


Gbr.4 - Perbandingan BER dengan LMS dan tanpa LMS



Gbr.5 - Perbandingan MSE dengan LMS dan tanpa LMS

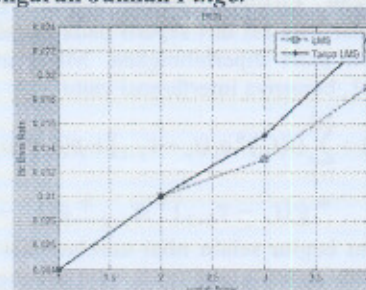
Pada Gambar 4, pengaruh pembobotan dengan adaptif LMS kurang dapat diamati karena untuk SF=16 data hasilnya perhitungannya BER selalu sama. Dengan SF yang cukup besar, sistem dapat mengatasi efek lintasan-jamak dengan cukup baik walaupun tanpa pembobotan adaptif LMS sehingga pengaruhnya kurang nampak. Agar lebih jelas pengaruh pembobotan dengan LMS, dilakukan percobaan dengan mengubah SF dari 16 menjadi 4 dan hasilnya seperti pada Gambar 4.10.



Gbr.6 - Perbandingan BER dengan LMS dan tanpa LMS dengan SF=4

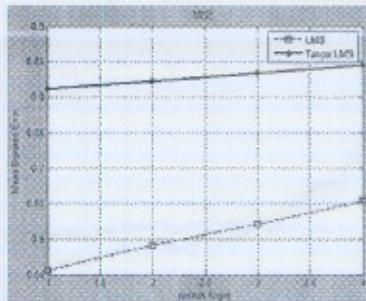
Gambar 6 menunjukkan sudah ada pengaruh pembobotan adaptif LMS terhadap BER. Dengan pembobotan adaptif diperoleh hasil BER yang lebih rendah dibanding dengan yang tidak. Untuk MSE, dengan SF =16 sudah dapat dilihat adanya perbaikan dengan menurunnya nilai MSE setelah dipasang sistem adaptif LMS.

#### 3.2 Pengaruh Jumlah *Finger*



Gbr.7 - Pengaruh Jumlah *Finger* pada BER

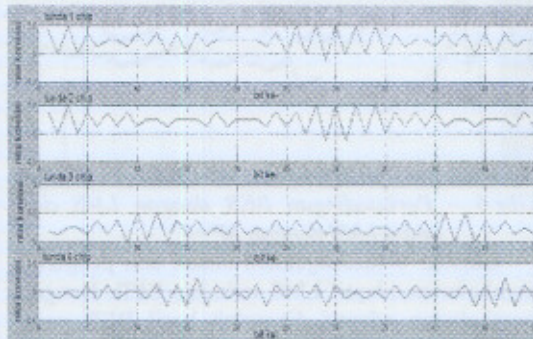




Gbr. 8 – Pengaruh Jumlah Finger pada MSE

Hasil pengamatan pengaruh perubahan *finger* dengan menggunakan parameter awal dengan pengiriman 1000 data dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8. Terlihat bahwa semakin banyak *finger* yang digunakan maka semakin besar BER dan MSE. Hal ini terjadi karena nilai korelasi yang kurang baik ditambah dengan perolehan lintasan.

Nilai korelasi diri runtun Gold akan bernilai sangat kecil bila integrasi dilakukan sepanjang runtun Gold itu sendiri, yaitu sepanjang  $2^{25}-1$ . Namun pada *finger*, integrasi yang dilakukan hanya sepanjang SF sehingga nilai korelasinya cukup besar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.13. Nilai korelasi diri saat tertunda akan menjadi koefisien interferensi yang memiliki hubungan berbanding lurus [4].



Gbr. 9 – Nilai korelasi diri runtun Gold dengan integrasi sepanjang SF

Seharusnya interferensi yang diakibatkan hasil pengawa acak akan diabaikan karena saat diintegrasikan nilainya sangat kecil. Namun dengan nilai korelasi diri seperti pada Gambar 9, interferensi akan diperhitungkan. Misal untuk *finger* ke-1, besarnya interferensi yaitu

$$n(t_c - \tau_0) = \sum_{i=2}^{k-1} (i(t_b) * o_1(t_c - \tau_{k-1}) + p(t_b) * o_2(t_c - \tau_{k-1})) * g(t_c - \tau_{k-1}) * \alpha_{k-1} * g(t_c - \tau_0) \quad (6)$$

Dengan begitu selain nilai korelasi diri yang tertunda, koefisien interferensi juga dipengaruhi oleh perolah lintasan  $\alpha_{k-1}$ . Bila besarnya perolehan suatu lintasan lebih besar dari lintasan lainnya maka pada penerima akan menjadi interferensi yang paling besar bagi *finger* yang lain dan

interferensi paling kecil bagi *finger* itu sendiri, yaitu *finger* ke- $f=k$ .

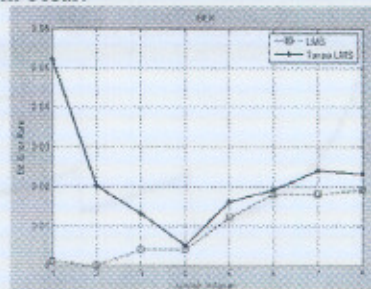
Dengan nilai perolehan lintasan seperti parameter awal, isyarat pada *finger* ke-1 akan memiliki perolehan pemulihan paling besar dan menerima interferensi paling kecil. Sedangkan pada *finger* yang lainnya akan menerima interferensi sangat besar. Hal ini karena perolehan pada lintasan ke-1 lebih besar dari lintasan yang lain. Hanya *finger* ke-1 yang memiliki pemulihan paling baik sedangkan penambahan *finger* yang lain akan semakin merusak keandalan sistem.

Namun demikian, pembobotan secara adaptif LMS tetap akan memperbaiki sistem. Saat jumlah *finger* sebanyak 1 dan 2, pengaruhnya tidak terasa bagi BER. Namun saat diperbanyak jumlah *finger* yang digunakan, penyetelan sudah dapat dirasakan dengan menurunnya nilai BER dibanding dengan tanpa penyetelan pembobot. Proses pembobotan akan membuat *finger* ke-1 akan memiliki bobot paling besar disusul *finger* ke-2, 3, dan paling kecil ke-4.

Untuk nilai MSE dengan penyetelan menggunakan algoritma adaptif LMS dapat turun untuk semua jumlah *finger*. Semakin sedikit jumlah *finger* maka penurunannya semakin besar.

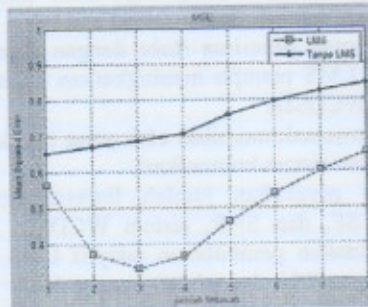
### 3.3 Pengaruh Jumlah Lintasan

Dari percobaan diperoleh hasil bahwa BER paling kecil ada pada saat jumlah lintasan sama dengan jumlah *finger*, yaitu empat. Semakin jumlah lintasan kurang dari empat maka BER akan semakin besar dan bila lebih dari empat, BER juga akan semakin besar. Dengan jumlah *finger* adalah empat, *finger* hanya dapat mengembalikan empat komponen isyarat terima. Isyarat dari lintasan lain akan menjadi interferensi dari hasil korelasi di dalam *finger*. Semakin banyak isyarat dari lintasan lain maka interferensi akan semakin besar. Dengan begitu BER akan semakin besar.



Gbr. 10 – Pengaruh Jumlah Lintasan pada BER





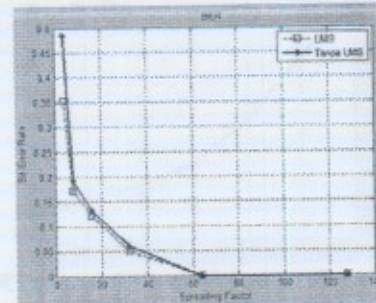
Gbr. 11 – Pengaruh Jumlah Lintasan pada MSE

Saat jumlah lintasan kurang dari jumlah *finger*, misal  $n$  lintasan, hanya ada  $n$  *finger* yang akan menghasilkan bit pemulihan yang paling benar. *Finger* yang lain akan salah dalam pemulihan sehingga pembobotan adaptif LMS akan mengurangi nilai bobot *finger* tersebut karena hanya menjadi gangguan. Semakin sedikit jumlah lintasan, pembobotan adaptif LMS akan semakin tidak ragu untuk mengurangi bobot *finger* sehingga BER semakin baik. Dari Gambar 10 dan 11 dapat dilihat bahwa pembobotan adaptif LMS akan selalu menurunkan nilai BER dan MSE untuk setiap jumlah lintasan.

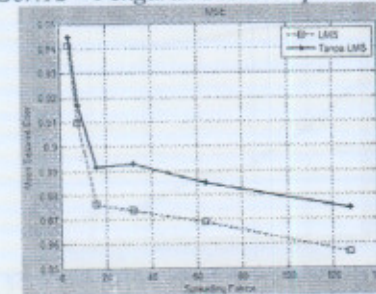
### 3.4 Pengaruh Besar Spreading Factor (SF)

Semakin besar SF membuat semakin banyak *chip* dalam satu periode bit yang dikirim. Bila ada *chip* yang salah maka masih ada *chip* yang lain bisa memperbaiki sehingga pemulihan mendapatkan nilai yang benar. Dengan begitu semakin besar SF membuat nilai BER dan MSE akan semakin berkurang.

Semakin kecil SF, BER yang diperbaiki dengan pembobotan adaptif LMS semakin signifikan. Ketika SF kecil, akan ada lebih banyak bit yang salah. Dengan perbaikan dari pembobotan adaptif LMS, kesalahan tidak dibikin berlarut-larut. Pembobotan akan membuat nilai bobot sedemikian sehingga mengurangi jumlah bit yang salah. Jika SF sudah cukup besar, bit yang salah sudah tinggal sedikit sehingga pembobotan adaptif LMS hanya memperbaiki sedikit juga bit yang salah tersebut yang menghasilkan BER yang tidak terlalu jauh. Pada Gambar 12 dapat dilihat bahwa saat SF=4, pengaruh pembobotan cukup besar yaitu mengubah BER dari sekitar 0,49 menjadi 0,35. Saat SF=8, 16, dan 32, BER yang diperbaiki sangat kecil namun tetap ada perbaikannya. Nilai MSE semakin berkurang dengan bantuan pembobotan. Semakin besar SF, perbaikan MSE juga semakin besar seperti ditunjukkan pada Gambar 13.



Gbr. 12 – Pengaruh Besar SF pada BER



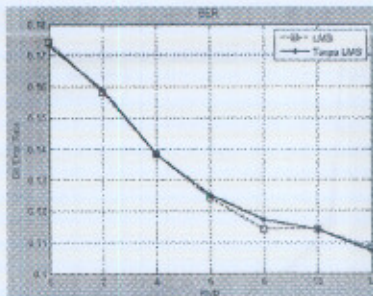
Gbr. 13 – Pengaruh Besar SF pada MSE

### 3.5 Pengaruh Besar SNR

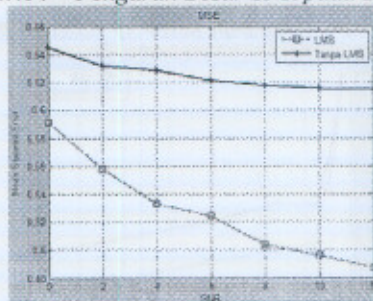
Seperti dilihat pada Gambar 14 dan 15 bahwa semakin besar SNR maka nilai BER dan MSE akan semakin kecil yang menunjukkan sistem akan semakin baik. Pembobotan adaptif LMS akan lebih memperbaiki lagi. Pada Gambar 15 terlihat bahwa pembobotan membuat MSE semakin kecil. Seiring dengan meningkatnya nilai SNR, perbaikan yang diberikan semakin baik. Terbukti dengan selisih perbaikan yang semakin besar. Saat SNR=0 akan memperbaiki MSE sekitar 0,05 dari MSE=0,64 menjadi MSE=0,59 sedangkan saat SNR=12 bisa memperbaiki MSE sekitar 0,14 dari MSE=0,62 menjadi MSE=0,48.

Semakin besar derau, yang berarti semakin kecil SNR, akan semakin mempersulit pembobotan adaptif LMS dalam menentukan besarnya perubahan yang harus diberikan. Bit yang benar seharusnya dikuatkan dan bit yang salah seharusnya dilemahkan. Namun dengan semakin kecilnya SNR, daya bit yang benar bisa dikalahkan oleh daya derau sehingga bit yang seharusnya dikuatkan bisa dilemahkan oleh pembobotan. Hal ini dapat juga terjadi sebaliknya, bit salah yang seharusnya dilemahkan malah dikuatkan. Dengan begitu pembobotan adaptif LMS tidak selalu memperbaiki BER seperti terlihat pada Gambar 14.





Gbr. 14 – Pengaruh Besar SNR pada BER



Gbr. 15 – Pengaruh Besar SNR pada MSE

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai pembobotan penerima *Rake* pada WCDMA dengan algoritma adaptif, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Penerima *Rake* mampu mengatasi masalah lintasan-jamak dengan korelasi menggunakan

sandi yang sama yang digunakan pengirim dengan peragaman waktu

2. Pembobotan penerima *Rake* dengan algoritma adaptif LMS mampu meningkatkan keandalan sistem WCDMA
3. Lintasan-jamak memiliki efek yang buruk bagi keandalan sistem komunikasi
4. Dengan perubahan jumlah lintasan, jumlah *finger*, SF, dan SNR, sistem WCDMA yang menggunakan pembobotan adaptif LMS tetap akan memiliki keandalan yang lebih baik dibandingkan yang tidak

#### 5. Referensi

- [1] Alam, F., 1999, *Simulation of Third Generation CDMA Systems*, Thesis, Virginia Polytechnic Institute & State University, USA
- [2] Setiyanto, B., 2010, *Perancangan Penerima Rake*, handout kuliah, Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- [3] Widrow, B., Stearns, S.D., *Adaptive Signal Processing*, 1985, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, USA
- [4] Peterson, R.L., Ziemer R.E., Borth D.E., *Introduction To Spread Spectrum Communication*, 1995, Simon & Schuster (Asia) Pte Ltd, Singapore